



特集  
1

研究者として輝いている女性たちの歩んでいる道は？

## 女性研究者のいま

特集  
2

低炭素社会戦略センター(LCS)の描く総合戦略とシナリオ

「明るい低炭素社会」への道筋を提案する!



### 表紙写真

ショウジョウバエの脳の研究で注目を集めている名古屋大学大学院理学研究科教授の上川内あづささんは、一児の母。JST「さきがけ」の支援制度を活用して妊娠・出産後、スムーズに研究生活へと復帰した。育児を行いながら、研究者として活躍を続けている。



特集  
1

研究者として輝いている女性たちの歩んでいる道は？

## 女性研究者のいま

3



特集  
2

低炭素社会戦略センター (LCS) の描く総合戦略とシナリオ

## 「明るい低炭素社会」への道筋を提案する！

8



社会にひろがる新技術 ~JSTの研究開発成果から~Vol.3

## 裸眼で3D観察ができる「電子顕微鏡」が誕生

微小な試料もリアルタイムで観察可能に

12



## News Clip

14



先駆ける科学人 Vol.3

## 社会の役に立つ新材料を発見したい

高橋有紀子 独立行政法人 物質・材料研究機構 磁性材料ユニット 磁性材料グループ 主幹研究員

16

## 医療イノベーションでアンメットニーズを充足する

JST理事長 中村道治

JSTは科学技術イノベーションを創出するために、重点推進すべき分野を設定し、それぞれに「戦略プログラムパッケージ」を設計しました。これは、「入口」となる基礎研究から実用化の「出口」までを見通し、戦略的に研究開発を推進するものです。

例えば医療分野でイノベーションを興すために、わが国の高齢化社会の構造、国民の医療費、世界の医薬品・医療機器の市場とその推移、重要な疾患とその患者数などの現状把握や、国際的な研究開発の潮流ひかの俯瞰を行い、第4期科学技術基本計画で達成すべき事柄や、これまでJSTが育成

してきた研究開発成果と関連づけることで、課題とそれを達成するための道筋を見極めようとしています。

これらのステップを踏まえ、JSTでは「医療イノベーションでアンメットメディカルニーズ（まだ有効な治療方法がない医療ニーズ）を充足することをビジョンに掲げました。実現への道筋として、①高齢化社会における重要疾患に対する予防診断・治療 ②高齢者・障がい者・患者のQOLを更に向上させる医療機器 ③ライフイノベーション創出を加速する基盤技術」を戦略的重点分野とし

て定め、先制医療や治療、疾患再現、診断技術などを8パッケージとして、疾患志向の医療ニーズと従来の基礎研究シーズをバーチャル・ネットワークでつなぎます。

この「戦略プログラムパッケージ」の運営はかじ取りが肝要で、専門分野に精通した目利きがニーズとシーズをつなぎ、知的財産戦略を持ちながら研究開発の方向性を定め進める必要があります。JSTは産業界とも連携し、戦略的に入口から出口までをつなぐ「意志を持ったプロデューサー」としてオープンイノベーション創出に貢献します。



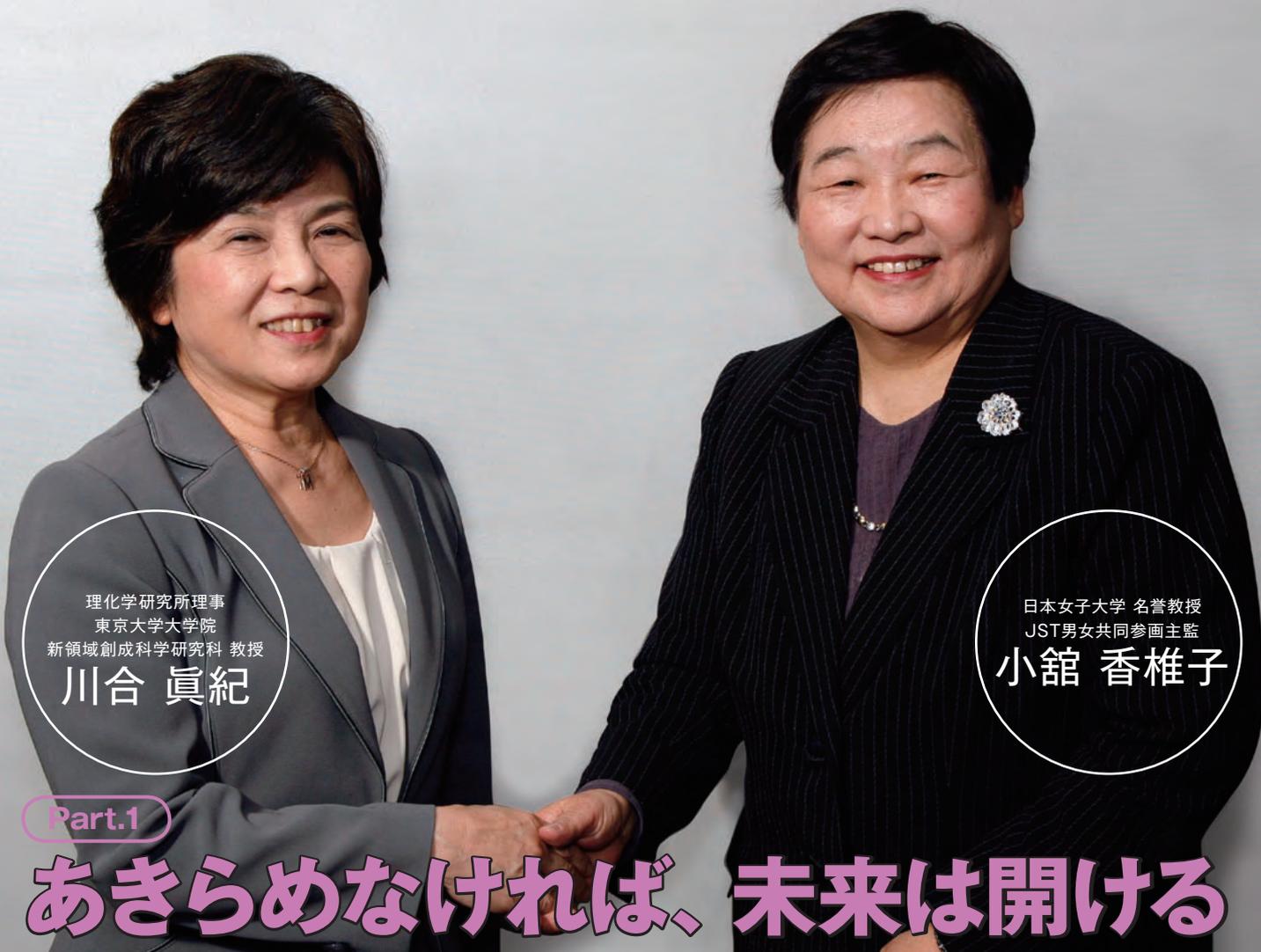
研究者として輝いている女性たちの歩んでいる道は？

特集

1

# 女性研究者のいま

「男女共同参画社会基本法」が施行されて13年。日本は、男女の個人としての基本的な尊厳を尊重し、一人の人間として能力を発揮できるような社会の実現を目指している。能力と成果を問われる研究者の世界では、性差なく活躍できる土壌が広がりつつあるようだ。



理化学研究所理事  
東京大学大学院  
新領域創成科学研究科 教授

川合 眞紀

日本女子大学 名誉教授  
JST男女共同参画主監

小舘 香椎子

Part.1

## あきらめなければ、未来は開ける

JSTの男女共同参画主監、男女共同参画アドバイザー委員会委員長を務める日本女子大学名誉教授 小舘香椎子さん、さきがけ「界面の構造と制御」の研究総括を3月まで務めた東京大学大学院教授 川合眞紀さん——研究者としてさまざまな成果を上げ、リーダーとして活躍する二人はチャンスをつかみ、自らの努力と周囲の支えで未来を開いていった。

### 研究者という道を選んだ理由

**川合** 私は理科は好きでしたが、あまり気負い込んで研究の道に進んだわけではありません。純粋に物理をやりたいという気持ちで大学に入学し、その後も研究が面白かったので、大学院の修士、博士課程へと自然な流れで進みました。母が東京工業大学教授だったので、出産や子育てをしながら研究に取り組む姿も身近に感じていました。ただ、今思えば母も非常に努力していたのでしょうか。

**小舘** 私の学んだ大学には、当時大学院はありませんでした。最終学歴は日本女子大学家政学部家政理学科です。研究者になることは考えていませんでしたが、卒業に際して、恩師から、「助手のポストが増員されるので大学に残らないか」と言われました。でも、その時の増員は見送られることになり、附属高校で専任の物理教師を務めることになりました。3年後、再び大学の助手のポストが増員されるからと、高校教員の辞表を書いたところで、またしても増員が見送られてしまったのです。途方に暮れる中で、ようやく東京大学工学部電

子工学科に非常勤技術員として勤務する予定になりました。ところが、今度はそこで教師の経歴が評価され、幸運にも助手として採用されることになり、5年間研究者としてイロハから学ばせてもらいました。これが「人生のターニングポイント」になりました。

**川合** 私と小舘先生はある意味、対照的ですね。私は学位を取ってからはポスドク(Postdoctoral fellow：一般に博士号を取得した任期制の研究者やそのポストを指す)として5年間で4か所も転々しました。理化学研究所特別研究生、次に日本学術振興会奨励

研究員。そして、1983年に夫が大阪大学の助教授になった時、ポスドクなら大阪でも同じだと思い、二人の子どもを連れていったのです。そこから先が結構大変で、大阪の公的機関で非常勤職員として実験助手をしたり、大阪ガスの研究所の契約社員をしたりと、落ち着いて自分のテーマを持ち研究するという環境は得られませんでした。この頃は研究者としてのキャリアを積むために、20を超える応募書類を出していました。

**小館** 結婚されたのは大学院時代ですか？

**川合** 博士課程1年の時に大学院の先輩と結婚、翌年には長男を出産しました。ただ、結婚直前に主人が愛知県岡崎市の分子科学研究所の助手になることが決まっていた。その頃の私は内心、研究者への道をあきらめて、一緒に行かなければいけないのかと思っていました。しかし夫は「東京に残り、学位を取りなさい」と私のキャリアを応援してくれました。

私の研究者としてのターニングポイントは、大阪にいた1985年に理化学研究所の研究員に採用されたときでした。ただ、それは主人を大阪に残し、別居するということを意味しました。それからずっと別々に暮らすことになるとは思っていませんでしたが、あのときの選択がなかったら、研究者としての今の自分はなかったと思います。

**小館** 私が結婚したのは高校教師の時でした。夫は民間企業の技術者でしたが、教師なら家庭と両立できると考えていたと思います。それが、妻はいつの間にか研究者になっていました(笑)。

私は研究者として駆け出しの東京大学助手時代に長女、長男を出産しました。自分は

一人っ子でしたので、実家の2階に居候させてもらって、両親に子供の面倒をみてもらうことができ、恵まれていたと思います。ただ、東京大学電子工学科の助手で産休(産前産後休業)を取るのには、私が初めてのケースでしたから、それなりの努力は必要でした。2年後の2度目の出産の時には、研究室の教授だった神山雅英先生にご相談しました。すると先生は「自分が研究を続けたいという意志をしっかりと持っていて、環境が許すなら、公務員はきちんと権利があるのだから、胸を張って産休を取るべきです。どうしても継続が難しくなったら、そのときに考えればいい」と背中を押してくださいました。私が論文を発表したのは30歳の時で、研究者としては遅いスタートとなりましたが、この時の先生のご助言や周囲の理解に感謝しています。

### ライフイベントは不利に働くだけではない

**川合** 残念ながら、私は産休を取れる立場ではありませんでした。大阪に行く前に長女を出産しましたが、その頃は日本学術振興会の奨励研究員でした。長男、長女とも出生6週間目から乳児保育として預けて、迎えに行くのも家政婦さんやアルバイトさんをお願いしていました。

**小館** 私は日本女子大学に教員として戻ってから、次男(3人目)を出産しました。彼が3歳の時に、子育てをサポートしてもらっていた母が、病に倒れ入院してしまったのです。日常の育児、家事、更に母の看病のために病院での寝泊りが加わった上に、ちょうど学位論文を提出することになっていたので、この半年間は無我夢中で過ごしました。小学生の長男が6歳下の次男の面倒を見るなど、家族が一丸となって協力してくれましたので、研究を継続する希望を持って、乗り切ることができました。母が亡くなった後、父の生活の世話や介護なども、子供たちが交代で助けられました。

チャンスは男女平等。  
女性研究者にもどんどん活躍してほしいですね。

## 川合 眞紀

かわい・まき

理化学研究所 理事

東京大学理学部化学科卒業、同大学大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。理化学研究所特別研究生、大阪工業試験所(現・産業技術総合研究所関西センター)非常勤臨時職員、理化学研究所主任研究員などを経て2004年から東京大学大学院新領域創成科学研究科教授、10年から現職。06年から11年、JSTさきがけ「界面の構造と制御」領域の研究総括。

若い研究者の方から二人目の子供を産むのをためらう相談を受けることがありますが、私は「一人より二人の方が、子供にとっても同じ環境の同士がいるのでいいのではないかと」答えています。

平成18年から国による女性研究者支援事業が始まりました。出産・育児期間中のサポートや研究活動の継続のための環境が少しずつ整備され、研究者同士の連携も進んで改善は図られていますが、まだまだ、本人とその家族の努力に負うところが大きいですね。

**川合** 子供が二人いても、子育ての手間が2倍になるということはないと私も実感しています。私自身も仕事が終わって、帰宅する途中で研究者から母へとスイッチが切り替わります。両方あるから、バランスが取れるのだと思います。ただ、女性研究者の中には「ポスドクの不安定な身分の間は、子供をつくれぬ」と言う人が、結構いるのです。私はたまたま大学院生時代に子供を授かりましたが、学生のうちだっというと思います。「若いうちに産んだほうが体力があるからラクよ」とアドバイスするのですが、やはり不安もあるのでしょうね。大きなライフイベントだとは思いますが、出産は普通に生きることのひとつです。研究を続けながらも自然に産出、子育てができる雰囲気を作っていきたいと考えています。

### 女性も研究を続けやすくするより積極的な取り組みを

**小館** JSTでは、今年4月から「第2期科学技術振興機構の業務に係る男女共同参画推進計画」が始まっています。この計画には①政策・方針決定過程への女性の参画の拡大②女性研究者への研究開発の機会の提供③女性研究者の裾野の拡大 という三つの主眼があり、きちんと数値目標を掲げ、達成したいと考えています。

「①政策・方針決定過程への女性の参画の拡大」としては、JSTの制度方針決定に関与するプログラムディレクター(PD)、研究開発課題を評価するプログラムオフィサー(PO)、アドバイザーや各種委員会委員等への女性の参画拡大を目標に設定しています。

「②女性研究者への研究開発の機会の提



■第2期推進計画期間(平成24年度~平成28年度)の女性研究者の数値目標(抜粋)

| 事業                    | 課題評価者                      |                                       | 各種委員会<br>委員                     | 事業参加者<br>【応募者】                  |     |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----|
|                       | プログラムオフィサー                 | アドバイザー                                |                                 |                                 |     |
| <b>戦略的創造研究推進事業</b>    |                            |                                       |                                 |                                 |     |
| 新技術シーズ創出              |                            |                                       |                                 |                                 |     |
| CREST(公募型研究)          | 5%<br>(研究総括)               | 期間中に<br>1人以上<br>(左記を除く)               | 領域1人以上かつ<br>CREST全体で 20%        | 15%                             |     |
| さががけ(公募型研究)           | 5%<br>(研究総括)               |                                       | 領域1人以上かつ<br>さががけ全体で 20%         | 1人以上かつ<br>「新技術シーズ創出」<br>全体で 24% | 20% |
| ERATO(総括実施型)          | 10%<br>(パネルオフィサー)          |                                       | パネル全体で1人以上<br>かつERATO全体で 17%    | 10%<br>【採択者として】                 |     |
| 先端的低炭素化技術開発<br>(ALCA) | 期間中に1人以上<br>(運営統括)         | 分科会1人以上かつ<br>ALCA全体で 17%              | 1人以上かつ<br>ALCA全体で 17%           | 15%                             |     |
| 社会技術研究開発              | 期間中に1人追加<br>(領域総括・プログラム総括) | 領域・プログラム1人以上<br>かつ社会技術研究開発<br>全体で 28% | 1人以上かつ<br>「社会技術研究開発」<br>全体で 30% | 20%                             |     |

出典:「科学技術振興機構の業務に係る男女共同参画推進計画」(JST)

供」としては、公募型研究開発事業への女性研究者の応募者を増やすことで、女性研究者の採択人数の引き上げを目指しています。

「③女性研究者の裾野の拡大」として、女子生徒の理工系分野への進路選択の支援を実施します。また、進路選択が必要な高校生の身近に理系分野で活躍する人がいない場合もあるでしょうから、JSTでは理系を目指す女子学生・生徒向けに『理系女性のきらめく未来』というロールモデル集を作っています(JST「男女共同参画」Webサイト <http://www.jst.go.jp/gender/rolemodel.html>にて紹介)。企業で活躍する理系女性の例が少ないため、現在、新しいロールモデル集を企画しているところです。

**川合** 最近増えているとはいえ、海外に比べると日本の女性研究者はまだ少ないです。2000年以前はドイツ、韓国、日本が最下位グループでしたが、ドイツ、韓国ではこのところ日本よりも女性研究者が増えています。何か有効な施策をとっているのでしょうか？

**小舘** 韓国では、1996年に梨花女子大学校が世界の女子大学で初めて工学部を作りました。その時、韓国の経済界は工学部を卒業する女子学生に就職先、研究先を保証するという、バックアップを申し入れたそうです。

日本の女子大学には工学部がありませんが、以前、女子大学の連合で工学部ができなかつたかと文部科学省と経済産業省の方から言われたこともあります。女性のエンジニアを

増やすには、女子大学に工学部を作れば良いという発想で、一理あると思いました。

**川合** 入り口、つまり理系女子の人数を増やさないと、根本的な対策になりません。きちんと教育を受けた人でないと、大学も企業も採用しません。また、数値目標も大切ですが、女性研究者が研究、生活で困らないように環境を整え、男女とも仕事と家庭を両立させられる施策を考えていくべきだと思います。女性研究者が増えない理由として、潜在能力があるのに、経済的、社会的な理由で研究者の道を進めない可能性もあります。目先のところで、女性研究者育成のために入学免除や奨学金など特別制度を用意するなど、具体的な施策を試してみたほうがよいと思います。

**小舘** 電気通信大学では2011年度入学生から「UEC WOMAN修学支援特別奨学金」という制度を始めています。そして今年、新入生のうちの女子学生の割合が初めて10%を超えたそうです。ただ、せっかく素晴らしい制度を始めたのに、ご存じない方も多いようです。もっとキャンペーンをして多くの方に利用してもらえれば良いと感じています。

**川合** そういう試みこそ、必要でしょう。うちの研究室でも、特に女性が多いということはありません。研究室に入る学生を男女で区

別することはありませんから、概ね入学した時と同じ比率の学生が在籍することになります。今年3月まで研究総括していたさががけ「界面の構造と制御」でも34人のうち女性研究者は一人しかいませんでした。ただ、この分野にはもともと女性研究者が少ないため、自然な割合だと思います。まず、裾野を広げていかなければなりません。

**小舘** 研究者は成果を問われますから。女性だからと特例制度を作って採用しても、2年、3年で優れた成果が上がらないと、制度に問題があると見なされます。しかし、制度や環境もずっと改善されてきていますので、女性も前向きに研究を継続し、積極的に公募研究にも申請し、ステップアップの機会を得てほしいと期待しています。

**川合** 女性だからという差別はなく、同じチャンスがあるわけですから、そのチャンスを大いに生かして女性研究者にもどんどん活躍してほしいと思います。

家族の協力のおかげで自分のやりたい研究を進めることができました。

## 小舘 香椎子

こだて・かしこ

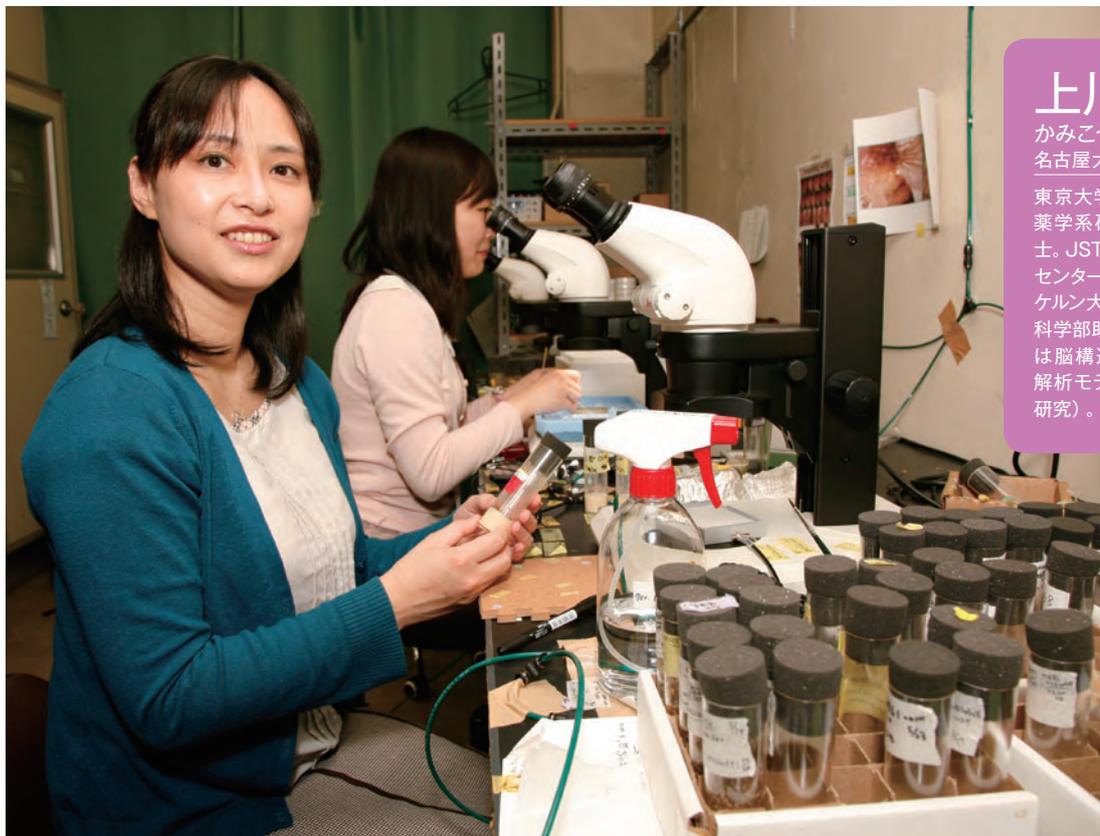
日本女子大学 名誉教授

日本女子大学家政学部卒業。同大学附属高等学校物理担当教諭、東京大学工学部専任助手などを経て、日本女子大学理学部教授。工学博士。専門分野は情報フォトニクス(マイクロフォトニクスと光エレクトロニクスへの応用)。現在、JST男女共同参画主監ほか、専門技術の社会還元、理系女性の活躍の場の開拓のために設立した株式会社Photonic System Solutions代表取締役なども務める。



Part.2

# さまざまな支援制度を活用して



## 上川内 あづさ

かみこうち・あづさ  
名古屋大学大学院理学研究科 教授

東京大学薬学部卒業、同大学大学院薬学系研究科博士課程修了。薬学博士。JSTバイオインフォマティクス推進センター事業 (BIRD) 研究員、ドイツ・ケルン大学へ留学、東京薬科大学生命科学部助教を経て、現職。専門分野は脳構造・生理・行動制御(統合的解析モデルとしてショウジョウバエを研究)。

名古屋大学の研究室で。右手前がショウジョウバエが入けられた容器。さまざまに遺伝子操作されたショウジョウバエの行動から脳機能を探る。

### さきがけ「なでしこキャンペーン」を活用して出産

JST「さきがけ」では、2008年度から女性研究者の応募を促すための「なでしこキャンペーン」を展開している。2010年度に「脳情報の解読と制御」領域に採択された名古屋大学教授上川内あづささん(当時 東京薬科大学助教)も「なでしこキャンペーン」をきっかけにして応募した一人だ。

「応募したのは2010年春、ちょうど妊娠がわかった頃でした。ただ、ホームページで出産、育児、介護などのライフイベント※1に柔軟に対応してくださることを知っていましたので、不安はありませんでした。出産休暇、育児休暇という制度があっても、権利を行使できる環境がないと厳しいと思いますが、さきがけではJSTの担当の方もとても好意的でした。本来の研究開始時期は2010年10月でしたが、10月に出産したので、最初3か月遅れの1月から始めるつもりでした。ところが、担当の方が「産後3か月では落ち着いて研究に没頭するのは難しいでしょう」と、翌年4月から始めるように提案していただきました」

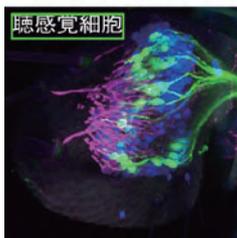
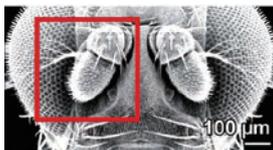
### 支援体制が充実した大学を選んだ

上川内さんは東京大学分子細胞生物学研究所でJSTバイオインフォマティクス推進事業 (BIRD) 研究員をしていた2005年に

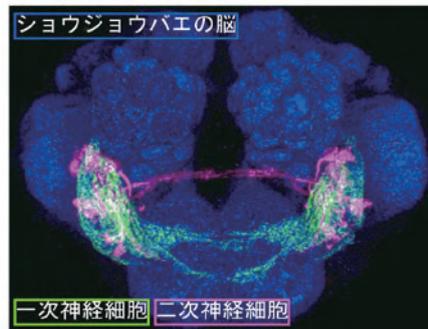
結婚、その年の8月から3年間、ケルン大学(ドイツ)に留学した。

「留学していた3年間は、別居していました。夫も研究者なので、単身で留学することにお互い抵抗はありませんでした。ただ、海外で一人で出産をするのは不安なので、一緒

#### ショウジョウバエの聴覚器



#### 聴覚神経細胞を着色して可視化した共焦点レーザー顕微鏡画像



上川内さんのさきがけにおける研究課題は「ショウジョウバエ脳において聴覚情報処理を行う神経基盤の解明」。音や重力の情報を処理する脳の神経回路の構造が人間とよく似ているショウジョウバエの脳をモデルとして、高次聴覚神経が形成する神経回路構造、音刺激と各神経回路の活動パターンの相関など、脳内の聴覚情報処理の仕組みを解明することにより、人間を含む多くの動物の脳における情報処理の仕組みを解明することを目指している。

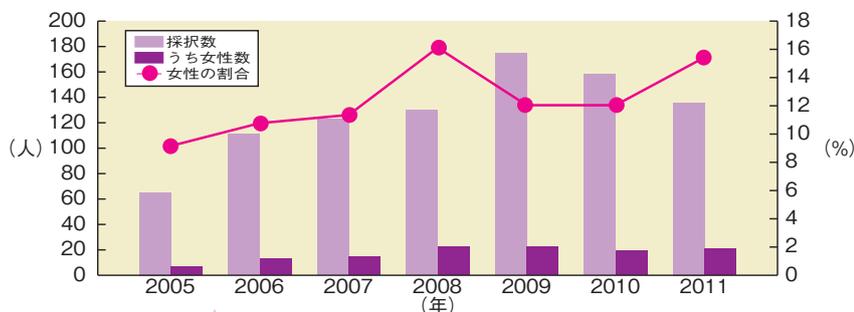


# 夢をかなえる!

名古屋大学大学院理学研究科 教授・JSTさきがけ「脳情報の解読と制御」領域研究者

上川内 あづさ

## ■さきがけ採択者に占める女性の割合



さきがけ応募者に占める女性研究者の割合は10%前後だが、採択された女性研究者は10%を超え、ここ数年はやや高い数字を示している。

に暮らせるようになってから、子供をつくろうと考えていました」

帰国した08年、東京薬科大学生命科学部の助教に就くや、翌09年にはショウジョウバエの脳の研究で画期的な成果を発表した。ショウジョウバエの触角の付け根にある「ジョンストン神経」が、人間の耳にあたる聴覚のための感覚細胞であることは知られていたが、上川内さんたちはこの神経が音、重力、風を検知する独立の仕組みを持ち、別々の神経経路で脳に伝えていることを明らかにした。世界で初めて、音の情報が聴覚器から脳へ伝わる一次神経の回路図を明らかにしたのだ。この研究成果は科学誌「Nature」で発表され、上川内さんは一躍、この分野で注目される一人となった。10年には、文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞した。研究者として飛躍の時に妊娠、出産をすることになったわけだ。



「名古屋大学こすす保育園」で娘のあかねちゃん(1歳8か月)と遊ぶ。研究者の顔が一転、母親のやさしい表情を見せる。

「妊娠、出産、育児を研究生活と両立させていけるのか、不安はありました。ただ、ドイツ留学時代、同世代の女性研究者が出産、育児との両立を実現させていたのを目の当たりにしていました。また、なでしこキャンペーンのホームページで日本の女性研究者の奮闘ぶりが紹介されていて、とても励まされました」

昨年9月には、名古屋大学大学院教授に就いた。名古屋大学も男女共同参画に熱心な大学である。国公立大学の中でいち早く、03年に男女共同参画室を設置して、06年4月に大学運営による学内保育所「名古屋大学こすす保育園」を開園している。

「名古屋大学の公募に応募する時は、育児をしながら研究に没頭することができる支援体制がきちんとしていることが、私にとって決め手になりました。何よりも大学内に保育園があることは心強かったですね。1歳半になった娘も同年代の友達ができて、毎日、楽しそうです」

再び別居生活に戻った。大学、大学院の3年先輩だった夫は東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻の助教としてメダカを使って脳の研究をしている。

「研究者同士ですから、仕事への理解は得られています。夫が単身赴任みたいになっていて、金曜日の夜には名古屋に来て家族と過ごし、月曜日の始発で東京に戻ります。それに、既に退職している私の母が名古屋についてきてくれて、生活面を助けてくれています。ですから、心置きなく研究に打ち込めます。二人目の子供ですか? 出産直後は、やはり夫の手助けもほしいと思うので、現状の別居生活では難しいかもしれません。本当に大変な時には仕事量を減らしますが、研究は継続することが大切ですからね」

## 少女の頃からの夢をかなえるために……

「私の場合は2か月、産休を取りましたが、育児休暇も含めて、休暇を取ると、公には仕事ができないことになります。また、研究費も止まってしまいます。研究者にとって研究を完全にストップさせることは命取りになりかねません。産休が終わると、フルタイムでの勤務に戻りましたが、体力的にはちょっときつかったです。夫にも育児休暇を取る権利はありますが、研究に加えて、学生も指導しなければならない立場なので、有給をつなげて休みを取るようになっていました。介護に携わる人にも共通することだと思いますが、ライフイベントに合わせて、1日3~4時間とか、もう少しフレキシブルな勤務も可能になればいいと思います」

研究室ではさまざまな遺伝子操作を行った約300種類、1種類につき約200匹のショウジョウバエを飼育しており、どのように感覚情報を脳が処理しているかの研究を続けている。

「犬の気持ちはわかりませんが、脳を調べれば、犬が見ている世界を知ることはできます。生き物の見ている世界を知りたいということが、今の研究を始める発端です。動物と自由に意思疎通がしたいと小学生の頃に思ったことの延長です(笑)。いつか、音楽に感動する仕組みを解明したいです。メロディが心に響いて、悲しくなったり、うれしくなったりするのは、脳で生み出されている感情なので、それがどうやって生まれてくるのかを知りたいと思っているのです。ショウジョウバエもまるでラブソングを歌うように羽音を求愛行為に使うカップルが成立するのですが、人間にも共通するものがあるのではないかと思うのです。それを神経科学で解き明かしていきたいと考えています」

そう語る上川内さんの目は輝いていた。

### 【用語解説】

#### ※1 ライフイベント

人生の節目で起こるさまざまな出来事のこと。2週間以上の連続した休暇を必要とするライフイベント(出産、育児、介護)があった場合、さきがけの場合は研究期間に週単位で研究を中断できる。中断した研究期間の延長も可能だ。また、研究費も当初の計画どおり使用できる。なお、出産は産前6週間(多胎妊娠の場合は14週間)、産後8週間、育児は子供が1歳に達するまでの連続した期間、介護は連続する6か月の期間内において必要と認められる期間と定められている。



特集

2

低炭素社会戦略センター (LCS) の描く総合戦略とシナリオ

# 「明るい低炭素社会」への道筋を提案する!

「明るい低炭素社会」とはどうしたら実現するのか。その道筋をJST低炭素社会戦略センターは、技術面、経済面の未来予想図をもとに「シナリオ」として描き出そうとしている。

## 「コストがいつ、どこまで下がるか」を徹底した定量分析でチェック

JSTの低炭素社会戦略センター (LCS: CENTER FOR LOW CARBON SOCIETY STRATEGY) は「低炭素社会づくりのための総合戦略とシナリオ」を作成している。LCSは科学技術をもとに、持続可能で「明るく豊かな低炭素社会」づくりに貢献することを目的として2009年12月にJST内に設立された。

このシナリオは、充足以来2年間のLCSの研究・活動をまとめるものだ。2030年・2050年に実現したい理想的な低炭素社会像を想定し、それを構築するための技術戦略、経済シミュレーションによる評価などを行っている。つまり、このシナリオは将来の理想的社会を実現するための道筋を提案するものだ。このシナリオの概略や、技術戦略とそれに対する社会・経済的側面から行った評価について紹介しよう。

### 「明るい」が低炭素社会のキーワード

経済成長の度合いは、CO<sub>2</sub>排出量と大きな相関関係がある。このため、「低炭素社会→節制→暗い」というイメージを連想しがちだが、LCSでは一貫して「明るい低炭素社会」をテーマとして掲げている。まずこの点について、山田興一LCS副センター長に聞いた。

「低炭素社会というと、『大変な社会になりそう…』と嘆く人が多いですが、それは違います。鉄鋼の原単位を下げたCO<sub>2</sub>排出を抑制するとか、セメントの生産でCO<sub>2</sub>を抑えるという、既に理論限界に近づいているため、お金もかかるし、投資に見合う効果は小さいでしょう。しかし、『日々の暮らし』、つまり家庭の省エネという観点から見直していくことで、明るい低炭素社会を築いていくことはできるのです」

確かに、日々の生活で、窓ガラスを二重にしたり、断熱材を利用することで快適な生活を送ることはできる。家電製品の著しい省

エネ化により、古いエアコンを買い換えるだけで電気料金は大きく改善され、数年で購入代金相当の電気代を節約することも可能だ。自動車の技術開発による燃費向上も同様だ。「低炭素社会の到来で明るくなる」という考えにもうなずける。

山田さんはシナリオの使い方にも話を進めた。

「LCSではシナリオを発表した後、その技術戦略に沿った研究開発推進にも積極的に

かかわっていきます。JSTのLCSがシナリオを提示し、それをJSTの研究開発推進や企業化開発事業につなげるから、低炭素社会の早期実現が期待できます」

### 精緻なデータでシナリオを構築

低炭素化を進めるための技術は数多くあるが、今回のシナリオで取り上げられている主なものについて、山田さんは次のように話した。

#### ■太陽電池、燃料電池、蓄電池のコスト

| 年     | 原価 | 太陽光発電システム |       | 家庭用燃料電池システム |       | 蓄電池                |
|-------|----|-----------|-------|-------------|-------|--------------------|
|       |    | 円/W       | 円/kWh | 円/W         | 円/kWh | 円/Wh <sub>ST</sub> |
| 2012年 |    | 250       | 25    | 3,900       | 55    | 19                 |
| 2020年 |    | 175       | 18    | 570         | 8     | 10                 |
| 2030年 |    | 120       | 12    | 360         | 5     | 8                  |

太陽電池、燃料電池、蓄電池という低炭素化の鍵となる三つの技術について、製品化する際の製造コストを計算した。その結果、三つ共に、2020年、2030年と、技術進歩により製造コストが着実に下がることが明らかになった。



「原子力発電をもとに低炭素化を推進することは、昨年の3.11の東日本大震災に伴い発生した福島第一原子力発電所事故で困難になりました。2020年時点で考えると、私たちは自然エネルギー、中でも①太陽電池、②燃料電池、③蓄電池の三つの技術の発展に期待しています」

風力、潮力、地熱発電なども試算したが、近い将来、効率が一番上がるという視点では、特に太陽電池のポテンシャルが高いという。

「ただ、太陽電池では中国の大手企業が巨額投資をして、独り勝ちしようとしています。少なくとも、同じシリコン製の太陽電池なら、今後、コストダウンは頭打ちになりますから、シリコン以外の材料や技術で勝負できるかどうか、経営者の度胸が試されます。シナリオでは、技術が進んでいくと、コストもいつ頃、どこまで下がるかもわかるように示しています。定量的に予測していくことが必要なのです」

今回のシナリオは精緻なデータに裏付けられている。太陽電池を一つ取ってみても、いつ頃、どこまでコストが下がるのか、将来の新しい技術発展まで見越して計算を行っている。そのためには、どのような材料を使うのか、製造装置の価格まで含めて調べることが必要になる。LCSでは1,000種類にわたる装置のコストを自ら調べ上げ、コスト算出のためのデータベースを構築した。

### 多様なアプローチ方法を社会に発信

シナリオには、「植物医科学※1」という、低炭素社会とは一見無関係に見える項目もある。これは、どのような意図で盛り込まれたものだろうか。

「作物の3分の1は植物の病気によって減収



### 山田 興一

やまだ・こういち  
JST低炭素社会戦略センター  
副センター長

横浜国立大学工学部電気化学科卒業。工学博士。住友化学工業(株)勤務、東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻教授、地球環境産業技術研究機構理事などを経て、2009年から東京大学総長室顧問。専門は電気化学、地球環境工学。

になっています。その病気を防ぐのが、植物医科学です。千葉県柏市で地元の65歳以上の高齢者を中心に、東京大学の難波成任教授(LCS上席研究員)が農業指導をしており、昨年、700人が“市民植物医師”になりました。更に彼らの一部は自ら土地を借りて耕しています。こうすることで彼らは農業収入を得ることができると同時に、植物病が減るので収量あたりに使う肥料も減る計算になります。すると、それら資材を生産する時に生じるCO<sub>2</sub>排出量も少なくて済むことになります。また、農業人口が増えれば、休耕田の荒れた土地の回復にも役立ちます。これも低炭素化社会への一つの道筋なのです。将来は植物医科学に関する資格制度を作ることも検討しています」

3.11以降、LCSの役割はますます大きくなっている。今後のLCSについて山田さんは「低炭素化を行いながら、どうやって『明るい社会』

に結びつけていくか、ということに力を入れていきたいと考えています。それと、LCSが『社会とつながっていく』ということを大切にしたいです。LCSが社会のデータを得て、それをもとにLCSからも社会へ向けて発信できるようにするには、“停電予防連絡ネットワーク”で作った、互いの信頼感を築いていくことが必要です」と、社会と共に技術シーズを創出し「明るい方向への加速」を行う決意を示した。

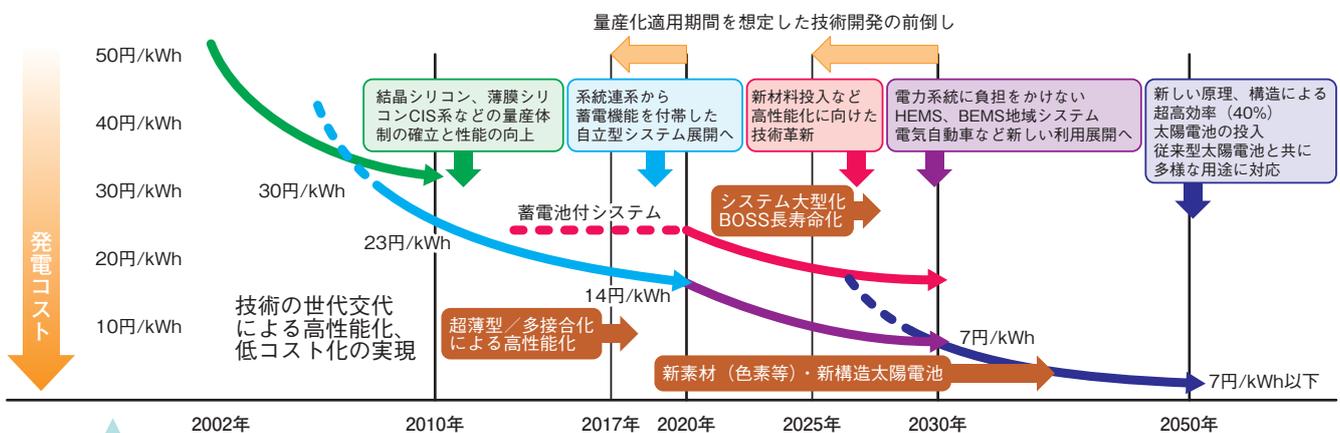
停電予防連絡ネットワークについては、次の項で紹介することにした。

#### 【用語解説】

##### ※1 植物医科学

農業では、結果的に植物病で失われていく作物に対しても肥料・農薬・燃料等が投与されている。植物病による食糧生産のロスを抑えることはこれらの資材のムダを省くこと、すなわち単位生産量当たりの資材投入量を減らすことにもつながり、資材の生産に伴って発生するCO<sub>2</sub>を削減することにもなる。

### ■低コスト化シナリオと太陽光発電の展開



この図は、日本の太陽光発電の低コスト化と普及のロードマップの目標を示したものだ。太陽光発電の発電単価が、技術革新と普及により、最終的に既存の火力発電と同等の発電単価まで低減する様子が描かれている。

# LCSが一丸となって「国民にわかるシナリオ」を作る

LCSのシナリオは、「明るい低炭素社会の実現」のための道筋を示しているが、それは技術面だけの考察で可能となるものではない。「自然科学+人文・社会科学」の両者の知見を融合させる経済的側面も含めた総合戦略が必要になるのだ。「統合モデルシミュレーション」など、経済モデル面は、LCSの松橋隆治研究統括が主にまとめている。



**松橋 隆治**

まつはし・りゅうじ

JST低炭素社会戦略センター 研究統括

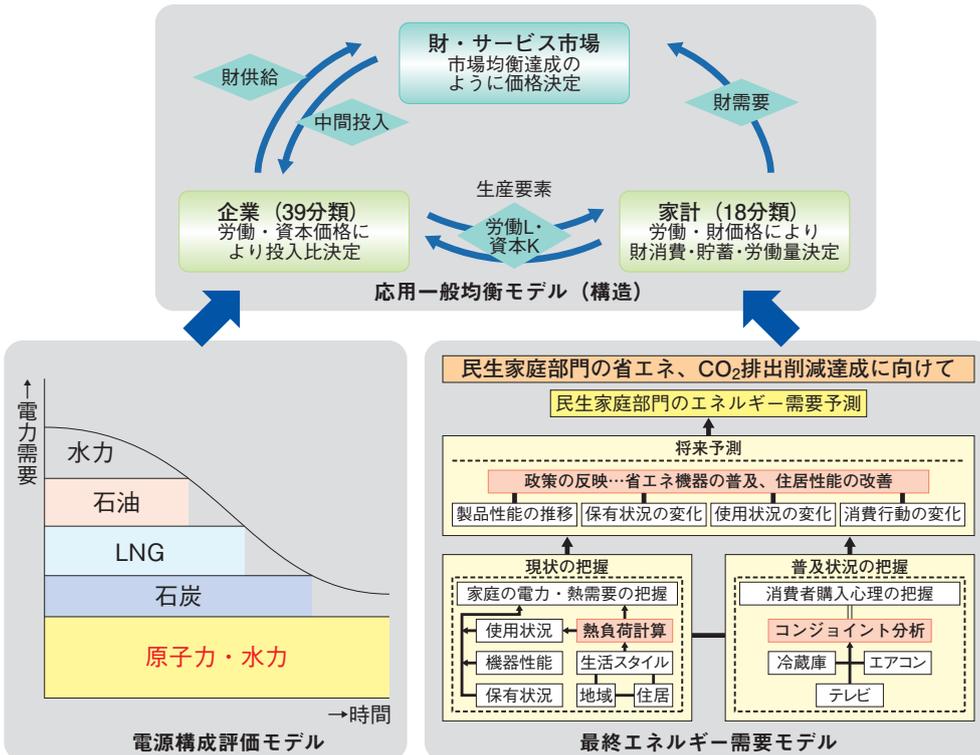
東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。同大学資源開発工学科（現地球システム工学科）助教授、同大学院新領域創成科学研究科教授を経て、2011年同大学院工学系研究科電気系工学専攻教授に就任。エネルギーシステムと地球環境問題対応策に関する研究に従事。

## “統合モデル”は三つの部分で構成

下の図は、シナリオで示された「統合モデルシミュレーション」の全体像を表したものだ。その中心となるのは一番上に描かれている「応用一般均衡モデル」で、これが日本全体の経済活動を網羅しているものだという。この精度が非常に高ければ、下の二つは不要になるものだ。現在、原子力発電も含めた「電源構成評価モデル」（左下）は非常に複雑で大容量の計算を必要とするため、その精度を高めるため別枠で計算しているという。右下の図は主に家庭での省エネの効率を表わしている。

「左下の『電源構成評価モデル』の場合、日本では10電力会社が一定の容量をもって連系線でつながっているのですが、太陽電池や風力などの電力も加味し、それぞれの需要供給の状態・連系を解けるようにするには、80万もの変数が必要です。これを一番上の『経済モデル』に入れてしまうと、複雑になりすぎてしまいます。そこで別枠にし、最適化ツールを用いて解き、その結果をインプットしています。

## ■シナリオで示された「統合モデルシミュレーション」



LCSでは低炭素化に向けての2030年までのエネルギーシナリオを策定するに当たって、「応用一般均衡モデル」「電源構成評価モデル」「最終エネルギー需要モデル」という三つのモデルを使って評価・分析を行っている。

「応用一般均衡モデル」は経済理論にもとづいて開発されたもので、エネルギーや低炭素化に関する施策の日本経済や国民生活への影響を、詳細かつ定量的に評価することができる。「電源構成評価モデル」はJSTが想定する前提条件の中で、総発電コストが最小となる電源構成を評価するためのモデルである。

「最終エネルギー需要モデル」は家庭でのエネルギー需要を評価するモデルで、家庭以外の産業部門などのエネルギー需要については、「応用一般均衡モデル」の中で導き出される。



右下の『最終エネルギー需要モデル』では、産業分野での省エネはほとんど期待できないものの、家庭での改善余地は十分に残っているという見方です。例えばエアコンの効率は『カルノー効率※2の逆数』というもので計算でき、理論限界はおおよそ「44」という数字で表現できます。それに比べて今は「5~6」程度です。しかし、技術的進歩と新しいエアコンの家庭への導入が進むことによって、2020年には家庭でも「12」、つまり今より2倍以上の効率化が達成可能と見えています」

■省エネ・新エネはライフサイクルコストの削減につながる

|        |            | 投資回収年数 | 市場規模  | CO <sub>2</sub> 削減量 (10 <sup>6</sup> t-CO <sub>2</sub> /年) |     |
|--------|------------|--------|-------|--|-----|
| 創エネルギー | 太陽光発電      | 15年    | 110兆円 | 4600万戸   | 75  |
|        | 窓の断熱化      | 10年    | 16兆円  |  | 64  |
| 省エネルギー | 家庭用ルームエアコン | 5年     | 11兆円  | 7000万台   | 27  |
|        | インバータ照明    | 1年     | 1千億円  | 2億台  | 2.3 |
|        | 高効率HP給湯    | 10年    | 30兆円  | 4600万台   | 25  |
|        | ハイブリッド自動車  | 5年     | 60兆円  | 3200万台   | 50  |

内閣府 成長戦略策定会議でのLCS小宮山宏センター長発表資料より

これは、家庭で省エネに取り組んだ場合、初期投資を何年で回収できるかを試算したものの。例えば、太陽光発電を導入した場合は15年で、ハイブリッド自動車を購入した場合は10年で回収することができると。家庭で行う省エネが中長期的に見れば、「家計にも優しい」結果を生むことがわかる。

3.11がLCSを一つにまとめた

今回のシナリオでは、「2章」に技術開発戦略(特に太陽電池、燃料電池、蓄電池など)が記されている。そこでは技術の発展とコストの算出が精緻に行われており、それを「3章」の経済モデルを考慮した技術普及戦略につなげていくことで、「低炭素化社会によって国民生活がどのくらい豊かになるか」を示している。いわば、「技術開発から普及までを一気通貫」で見ているのが、今回のシナリオの最大の特徴だ。技術と経済の両輪がうまくかみ合っていないければこのシナリオが機能することはないだろう。しかし、分野の異なる専門家での議論であれば、専門用語の使い方やベースとなる考え方に違いもあり、話がかみあわないこともあったのではないだろうか。

「全く違う背景を持つ者同士ですから、普通なら、両者が有機的に歩み寄るのは困難でしょう。しかし、大きなきっかけがありました。昨年の3.11という危機的状況です。この時、LCSセンター長の小宮山から指示されたのが『危機にあっては機敏に反応しなさい』ということでした」

3.11によって東京電力管内の多くの場所

で停電を余儀なくされた。これを受けて、LCSは、「停電予防連絡ネットワーク※3」の構築に取り組み始めた。3.11までは、研究者はそれぞれが自身の専門分野を分担し研究していた。それが、停電予防連絡ネットワークの事業を経験する中で、研究者だけでなくスタッフも力を合わせないと乗り切れない事態に陥った。例えば、自治体にネットワークへの参加を呼びかけると、自治体からは何度も質問がくる。また、実際に停電の恐れがあると判断したときは「明日の何時から何時まで節電を」と呼びかける案内を出すことになるので、法的な側面も考えなければならぬ。弁護士に相談して、どのような文言が適切か、LCS全体で検討する必要があったという。

「奇妙なきっかけですが、こうしてLCSは一つになったのです。停電予防連絡ネットワークの経験を通して、それまで技術は山田副センター長、経済は私が中心になって進めていたシナリオづくりが『両者で意思疎通を徹底的に図り、一気通貫で作成しましょう』という流れになりました。この経験によって研究者同士、あるいはスタッフとの距離が一気に縮まりました」

わかりやすいシナリオから明るい未来の実現を

今回のシナリオの出来を松橋さん自身はどう評価しているのか。

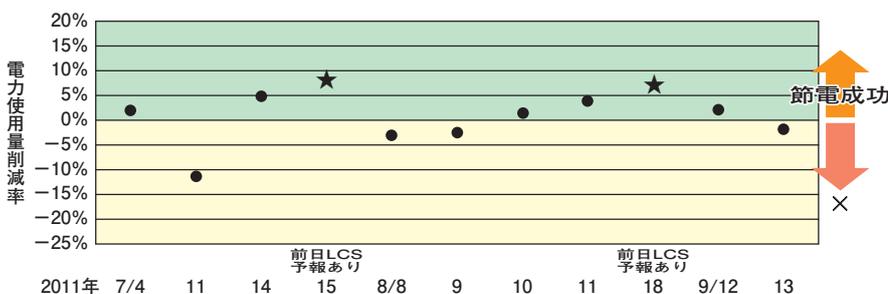
「シナリオの良し悪しの判断は、国民が最終的な意思決定ができるような『わかりやすい内容』になっているかどうかで決まると思っています。その点、LCSでは研究者だけでなく、スタッフの人たちも『国民目線を見た時に、どこがわかりにくくて、どう翻訳すればいいか』を苦勞して考えています。これも3.11と停電予防連絡ネットワークによる経験のたまものです。今、LCSは一致団結して事に当たるといって、LCS流の仕事のやり方が築かれつつあるように思います」

最後に松橋さんは、未来へのシナリオを提示する者として若者へ語りかけた。

「自分の想像力が及ぶのは、自分の生きていられる範囲内だけと言われます。2050年は先のことに思えますが、今から自分の夢を追い求め、そこに向かって努力をすれば、その思いが実現する社会を見ることができるとは思います。若い人は2050年という時代も生きるのですから、ぜひ、自分の望む社会を思い描いて、それに向かって進んでほしいですね」

LCSのシナリオが毎年「明るく」書き直され、明るい未来へ加速的に前進し続けることを期待したい。

■「停電予防連絡ネットワーク」による「節電予報」の効果



同じような気象条件下の家庭での電力消費量を調べたところ、前日にLCSから地域の緊急ネットワーク連絡網を使用して節電を呼びかける「節電予報」メールを配信した翌日は、節電対象時間(13時~16時)にその前後2時間と比較して電力使用量削減率が上がり、節電に効果を上げていることがわかった。

【用語解説】

※2 カルノー効率

フランスの物理学者、カルノーが考案した理想的な熱機関をカルノーサイクルといい、その理論的熱効率をいう。これにより熱効率の考えの基礎が固められた。

※3 停電予防連絡ネットワーク

LCSが気象や電力供給・使用量予測データなどから家庭での節電必要度を予測し、電力不足の可能性がある場合には、地域の緊急ネットワーク連絡網を使用して節電を呼びかけるシステム。昨夏は東京電力管内の約50の自治体に停電予防連絡ネットワークに加入してもらい、このシステムで節電効果が上がることを実証した。今夏は7月2日~9月28日まで、東京電力管内に加え、関西電力管内でも同取り組みを実施する。



# 社会にひろがる新技術

～JSTの研究開発成果から～

VOL.3

## 裸眼で3D観察ができる「電子顕微鏡」が誕生

微小な試料もリアルタイムで観察可能に

立体画像をリアルタイムに観察できる走査電子顕微鏡（SEM）と裸眼対応の高解像度3Dモニターの開発に成功したのは、株式会社日立ハイテクノロジーのチームだ。この画期的なSEMにはどのような可能性があるのだろうか？ 開発チームのリーダーで日立ハイテクノロジーの伊東祐博部長に話を聞いた。



映像表示系システム設計を担当した技師の星野吉延さん



チームリーダーを務めた部長の伊東祐博さん



光学系ユニットの開発・設計を担当した小竹航さん

コントロールユニットの基板開発・設計を担当した平戸達也さん

日立ハイテクノロジー 先端解析システム設計部の皆さん

### 「リアルタイム」で「奥行き」まで見たい

「普段、研究にSEM（走査電子顕微鏡：Scanning Electron Microscope）を使う新潟大学大学院の牛木辰男教授から、ある時『試料の立体画像を見ながら微細な操作ができる、そんなSEMがないか』と提案があったのです」と語るのは、日立ハイテクノロジー先端解析システム設計部部長の伊東祐博さんだ。

牛木さんは顕微解剖学を専門とする医学・生物学の研究者で、細胞内の微細構造物などの観察にSEMを使用している。微細な生体試料の奥行きまで見ながら解剖作業を行い観察したいと、牛木さんは長年感じていたという。

SEMは細く絞った電子線で試料表面を2次元的に走査（スキャン）し、数十～数百ナノメートル（ナノは10億分の1）の微細な物

体を観察できる。そのため、広い分野で物体の表面を観察する装置として活用されている。

そうした優れた機能の一方で、従来のSEMの画像は一方向から見た平面的な像で「奥行きがない」という欠点があった。3次元（3D）のSEMができれば対象物の奥行きがわかり、細胞や組織などの形状・構造を正確に把握することができる。更にリアルタイムに観察できれば、解剖やさまざまな実験・作業なども容易に行えるようになる。牛木さんを始め微細な世界と向き合う研究者にとって、「リアルタイムステレオSEM」はまさに「夢の電子顕微鏡」なのだ。

### 長年の研究成果をもとに技術的課題を解決

理科の実験でおなじみの光学式の双眼実体顕微鏡は、両目で見るので物を立体として

観察できる。しかし、従来の電子顕微鏡では電子線を一方向から照射するため、平面としてしか見ることができない。立体的な画像を得るためには、試料を置いた台を傾斜させて角度の異なる2枚の画像（視差画像）を撮影し、この2枚の写真を並べて立体視したり、左画像を赤、右画像を青に着色をして合成し、赤青メガネで見たりしなければならなかった。パソコンが普及するようになってからは、視差画像から静止画を合成してモニターに表示し、特殊なメガネなどを用いることで立体視できるようになったが、画像の撮影や、2枚の画像の位置合わせに時間がかかるため、リアルタイムに3D観察をすることはできなかった。

「リアルタイムステレオSEM」を実現するために、伊東さんらは、従来とは全く異なるアプローチから開発に取り組んだ。

「リアルタイムに3D観察を行うためには、瞬時に左右の視差画像を取得する必要があ

顕微鏡の鏡体部

コントロールユニット

光学系ユニット

真空排気系ユニット

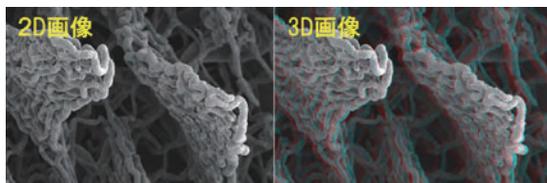


裸眼対応高解像度3Dモニター  
開発担当：(株) ナナオ

奥行きまで高精細に表示が可能な3D液晶モニター。23型の大画面で鮮明に映し出すことができ、しかも裸眼で立体画像を見ることができる。

リアルタイムステレオ機能を搭載したSEM  
開発担当：(株) 日立ハイテクノロジーズ

3D観察専用ソフトにより観察対象を立体的に見ることができる。



2D画像と3D画像の比較

同一視野の通常SEM画像(2D画像)と3D画像(赤青メガネを使用すれば立体視できる)。奥行きが全く異なる画像が得られる。写真はラット小腸の血管鋳型標本。(提供:新潟大学大学院 牛木辰男教授)

ります。私たちは、従来のように試料を動かすのではなく、電子線の角度を変えることで視差画像を得る方法をとりました。実は、電子線を制御する技術は別の目的で研究を進めていました。それを応用して、これまで一定方向からしか照射できなかった電子線の角度を変えて照射する新技術を取り入れることで、試料を動かさずに3D観察が可能なSEMを開発できると考えました」

解像度の画像を得るために、新たに収差低減レンズを追加しました」と、電子光学系の設計を担当した小竹航さんは鍵となった技術について語った。

SEM本体の開発と共に大きな課題となったのが、3Dモニターの開発だ。従来から存在する3Dモニターは解像度が通常のモニターよりも低く、精密画像を得ることが困難だった。モニター開発の共同研究先を探していた星野吉延さんは、国内を代表するモニターメーカーである株式会社ナナオ(石川県)が、裸眼対応の高精細3Dモニターの開発を進めていることを知った。

「ナナオの方とは別の業務の話をしていました。その時にたまたまナナオで3D裸眼観察ができそうなモニターを開発していることが分かったのです。こうして一緒に裸眼ス

テレオSEMを開発することができたのは、本当にうれしい偶然でしたね」

強力な共同研究先との  
出会いも開発を後押し

「ステレオSEMは、傾斜した電子線で試料上を走査します。しかし電子線を傾斜すると、それに伴って画像の解像度に悪影響を及ぼす収差が発生します。これを抑え、高い

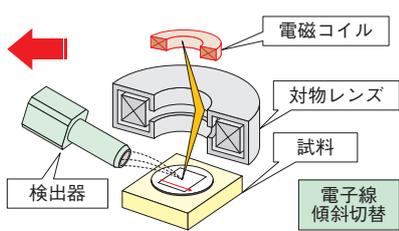
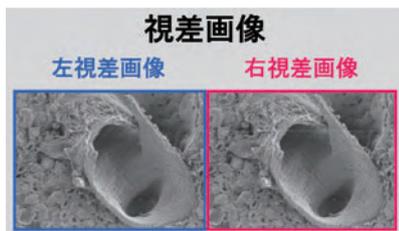
従来の電子顕微鏡を超えた  
画期的なSEMが誕生

数々の技術的な課題を乗り越え、日立ハイテクノロジーズは2012年度内に製品販売を予定している。リアルタイム3D観察は、ライフサイエンス分野だけでなく工学分野でも必要とされている。今回開発したリアルタイムステレオSEMを利用すれば、観察しながら凹凸を確認することができるため、各分野での研究効率が格段に向上するだろう。

「SEM利用者の要望に応えられるよう、今も更なる高精細化のための研究開発を続けています」(伊東さん)

株式会社日立ハイテクノロジーズ  
(本社：東京・港区)

【設立】1947年4月12日  
【事業内容】 半導体製造装置、チップマウンタ、FPD・ハードディスク関連製造装置、汎用分析機器、解析装置、医用分析装置の製造・販売・サービス、および産業・ITシステム、工業材料、電子デバイス・材料などの販売



Copyright(c)2012 Hitachi High-Technologies Corporation All Rights Reserved.

「リアルタイムステレオSEM」の電子線走査方法

対物レンズの収束作用を利用し、電子線を傾斜させることにより視差画像を得る。電子線の傾斜方向を電磁コイルによって1ライン/1フレーム単位で切り替えながら試料上を走査させる。



## NEWS 1



開催報告

### JSTが京都大学iPS細胞研究所と共に後援した国際幹細胞学会第10回年次大会 (ISSCR 2012) が開催されました

JSTは、戦略的創造研究推進事業CRESTにおいて京都大学 山中伸弥教授らが創出したiPS細胞を含む幹細胞研究を支援しており、その一環として京都大学iPS細胞研究所と共にISSCR 2012を日本に招致しました。ISSCRは2002年に発足し、幹細胞研究の振興、研究者育成、幹細胞の基礎研究および臨床応用に関する情報発信を行っている学会で、年に一度、研究者らが一堂に会する年次大会を開催しています。6月13~16日にアジアで初となる第10回年次大会が開催され、天皇、皇后両陛下をお迎えし、世

界50か国以上から3千人を超える研究者らが参加しました。

JST理事長 中村道治は本大会挨拶で「JSTは医療イノベーションを興すために国際連携を図りながら、基礎研究と共に臨床応用につながる研究も支援したい」と、今後の更なる研究推進への決意を述べました。また、ISSCR大会会場にブース出展し、JSTの幹細胞研究成果などについても紹介したほか、日本科学未来館（東京・台場）では山中教授らを講師にパブリックシンポジウム「iPS細胞と私たちの未来」を開催しました。



山中伸弥教授（写真右）らを講師にISSCRパブリックシンポジウムも開催された（日本科学未来館）

## NEWS 2



開催報告

### 「地域の自然エネルギーをどのように活用するか」を考える緊急シンポジウムを開催しました

JST社会技術研究開発センター（RISTEX）「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発領域（領域総括：堀尾正勲氏）は、6月6日、「地域からエネルギーの未来を創る緊急シンポジウム『自然エネルギーは地域のもの』」を総務省（地域力創造グループ地域政策課 緑の分権改革推進室）と共催で開催しました。

東日本大震災後、エネルギー政策の見直しが急務とされ、今月から「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」がスタートするなど、現在は地域の自然エネルギー利用の転換期です。シ



右から北海道二セコ町、徳島県上勝町、滋賀県湖南市、長野県飯田市、富山県南砺市の各首長

ンポジウムでは「地域の自然エネルギーを、地域の富を生み出す力を高めながら、どう持続的に活用するのか」をテーマに、地域主体の自然エネルギー利用についてのビジョンや課題、また小水力、風力、バイオマスの活用について議論を行いました。

後半のパネルディスカッションは、先進的に自然エネルギー利活用に取り組む地方自治体の6首長が登場。それぞれの地域での取り組みや課題等を紹介し、活発な議論が行われ、満席となった会場は熱気にあふれました。

## NEWS 3



イベント開催

### ヒーロー・ヒロインの能力を体験できる企画展「科学で体験するマンガ展」を開催

日本科学未来館（東京・台場）では、7月7日（土）から10月15日（月）まで、企画展「科学で体験するマンガ展」～時を超える夢のヒーロー～を開催します。

戦後から高度成長期に至るまで、日本のマンガ文化は飛躍的に成長してきました。とりわけ1960年代から70年代に描かれた作品に登場する主人公たちは、多くの子どもたちに夢を与えてきました。本展では、そうしたヒーロー・ヒロインの能力を、科学技術で再現します。AR（拡張現実感）やプロジェクションマッピング（建物など、凹凸のあるものに画像を投影する

手法）などの技術を使った臨場感のある体験型展示で、私たちに魅了するヒーロー・ヒロインの能力を体験できます。

本展には、ヒーロー・ヒロインが大活躍するマンガ「怪物くん（藤子不二雄(A))」「サイボーグ009（石ノ森章太郎）」「鉄腕アトム（手塚治虫）」「ドラえもん（藤子・F・不二雄）」「ひみつのアッコちゃん（赤塚不二夫）」（※作品50音順）の5作品が登場します。

詳しくは公式サイト（<http://kagaku-manga-tan.jp>）をご覧ください。



©石森章太郎プロ、©手塚プロ、©フジオプロ、©藤子スタジオ、©藤子プロ（50音順）



研究成果

## 大気中のCO<sub>2</sub>削減、自動車の軽量化などに貢献する 世界最強度の高耐熱性バイオプラスチックを開発！

北陸先端科学技術大学院大学の金子達雄准教授らの研究グループは、植物細胞に含まれる桂皮酸類（ポリフェノールの一種）と天然鉱物であるハイドロタルサイトをを用いて、世界最高の強度を持つ高耐熱性バイオプラスチックの開発に成功しました。

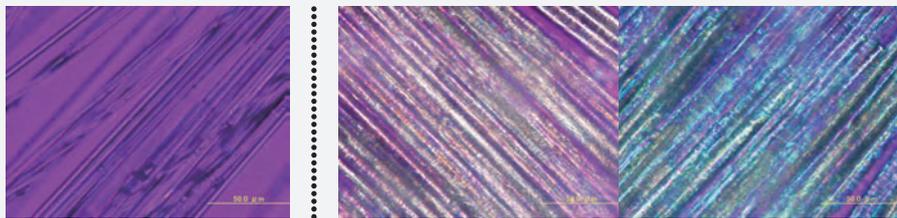
植物などを原材料に作られるバイオプラスチックは、材料中にCO<sub>2</sub>を長期間固定できるため、大気中のCO<sub>2</sub>を削減し、地球温暖化を抑制する低炭素社会の構築に有効だとされて

います。しかし、バイオプラスチックのほとんどは柔軟なポリエステルで、強度の面で問題があるため、工業製品に用いるためにはケナフ繊維を添加して強化するなどの特殊な加工が必要です。

研究グループは、桂皮酸類を用いて、主に工業製品で利用できる高強度・高耐熱性のスーパーエンジニアリングプラスチックの開発を目

指す研究の中で、ハイドロタルサイトを触媒とすることで、高配向性※の液晶性バイオプラスチックを合成できることを発見しました。更に、同一方向に並べたガラス繊維を入れて融解状態で圧縮することで、高度に配向したバイオ樹脂が生成できることも突き止めました。開発したバイオ樹脂は、従来のケナフ強化型を超える145MPaの力学強度、10GPaの弾性率、305℃の高耐熱性を持ち、スーパーエンジニアリングプラスチックとしての使用が可能なレベルを達成しています。

高強度・高耐熱性、軽量という優れた特性を生かして、自動車のエンジン周りなどに活用されるようになれば、金属や従来のプラスチックなどに代わる材料として、大気中のCO<sub>2</sub>削減、自動車の軽量化、産業廃棄物削減など、さまざまな効果を生むことが期待されます。



左側はガラス繊維の顕微鏡写真。右の2点はバイオプラスチック成形時にガラス繊維を混合したもので、90度回転させると色調が変化、「配向試料」の特徴がはっきりと表れている。

※配向とは、分子や結晶の向きが一定方向にそろっている状態。配向性が高いほど強度に優れる。



研究成果

## めしべが受精に失敗した時に積極的にバックアップする 植物の「受精回復システム」の存在を発見

戦略的創造研究推進事業ERATO「東山ライブホロニクスプロジェクト」の笠原竜一郎研究員らは、植物のめしべが受精に失敗した時に、積極的に受精を回復する仕組み（受精回復システム）が存在することを発見しました。

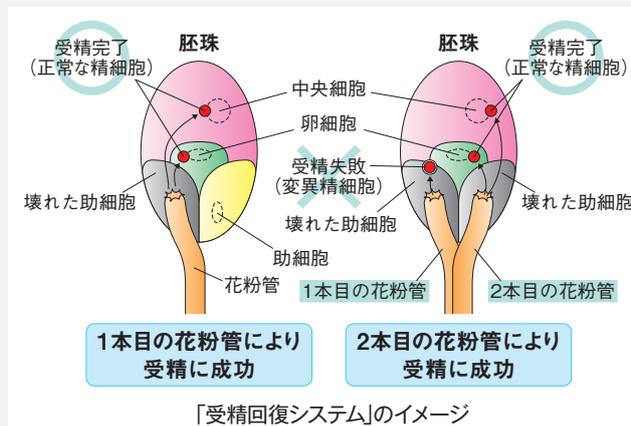
めしべに花粉が付着（受粉）すると花粉から花粉管が伸びて、めしべの中にある胚珠（種子のもとになる部分）内の卵細胞と中央細胞に精細胞が送り込まれ受精が完了します。動物のように多数の精子が卵に到達して競争の末に受精するのは違い、植物ではたった1本の花粉管に受精を託すと考えられてきました。

笠原研究員らは、半数の花粉管が「受精できない精細胞」を持つシロイヌナズナの突然変異体を調べている際に、予想の50%よりも多い65%~70%の胚珠から種子が作られることに注目しました。めしべの中の花粉管の様子を観察した結果、胚珠に2本の花粉管が到達する現象が高頻度（約40%）で起こっていること、更に、1本目の花粉管が受精に失敗した場合に2本目の花粉管が呼び寄せられ、

受精を回復することを発見しました。多くの植物で、胚珠に含まれる卵細胞の隣には助細胞という細胞が二つあり花粉管を誘引しますが、これまで助細胞がなぜ二つあるのかは不明でした。今回の研究によって、1本目の花粉管による受精が失敗した時に、二つ目の助細胞がバックアップ機能を果たし、受精を回復し、一つでも多く種子をつけるために働くことが明

らかになりました。

今後は、この受精回復システムがどのような分子メカニズムによって制御を受けているのか解明していきます。それによって植物の交配をコントロールできるようになれば、例えば農作物の種子の量を増やすことで収量を高めるなど、特に農業の分野で大きな役割を果たすことが期待されます。



左は正常な精細胞による受精イメージ。花粉管が胚珠内に入ると、花粉管から二つある精細胞が放出され、助細胞を壊し、卵細胞、中央細胞に一つずつ移動し融合することで受精が完了する。右は1本目の花粉管に含まれた精細胞が異常で、受精に失敗したケース。「受精回復システム」が働き、もう一つの助細胞が2本目の花粉管を誘引、受容する。正常な精細胞を持つ花粉管が到達した場合、受精を完了させることができる。なお、2本目も失敗した場合は、二つの助細胞を使い果たしているため受精を回復することはできない。



戦略的創造研究推進事業さきがけ 革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス  
研究課題「スピントロニクスデバイス用室温ハーフメタルの探索」

# 社会の役に立つ 新材料を発見したい



たかはし・ゆきこ 1974年生まれ。  
ノートルダム清心高等学校（広島市）  
卒業。東北大学工学部電子工学科卒  
業、同大学大学院工学研究科電子工  
学専攻博士課程修了。博士（工学）。  
物質・材料研究機構材料研究所  
ナノ組織解析グループ研究員を経て、  
2006年から現職。07年～11年、  
さきがけ研究者。趣味はスキー、  
登山。

独立行政法人 物質・材料研究機構  
磁性材料ユニット 磁性材料グループ

**高橋 有紀子** 主幹研究員



## 革新的デバイスの実現に向け 日々の実験、研究に没頭

JSTのさきがけ「革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス」領域で取り組んだテーマは、「スピントロニクスデバイス」に使われる材料の探索でした。スピントロニクスとは、電子が持つ電荷とスピンの両方の性質をエレクトロニクスに応用する分野を指します。このデバイスは、現在パソコンやスマートフォンに使われているシリコン集積回路よりも優れた革新的な次世代デバイスとして大きな期待が寄せられています。

このデバイスの実現のためには、室温で高い「スピン分極率」を持つ磁性材料が必要です。研究チームでは、理論計算にもとづいて、有望と思われる合金を作製し、超伝導プローブを用いた独自の方法で「スピン分極率」を測定するとともに、構造や組織を電子顕微鏡で観察するという地道な研究の繰り返しを行いました。

何千種類以上もある材料候補の中から、3年間で研究のターゲットにした合金は100以上もあります。有望な材料をいくつか発見し、その材料でデバイスを作る段階まで成し遂げることができました。事前の想定や仮説のままに進められることはなかなかありませんが、狙い通りの特性が得られた時は、「よっしっ!」と拳を握りしめるほどの達成感があります。



超高真空スパッタ装置で  
スピントロニクス素子  
作製中。



「家族で筑波山登山に  
挑戦しました!」



## 「省エネ」という形で 社会への貢献が期待できる

「磁性材料」の分野で、日本は世界で最高レベルにあります。未来のデバイスを見据えた新しい材料の開拓に向けて、さまざまなアプローチによる独創的な研究が進められています。この研究が実を結べば、「省エネ」という形で社会に貢献できると考えています。現在、日本の総エネルギーの数がデータセンターで消費されているといわれています。新デバイスの開発により、ハードディスクなどを小型化、高密度化させることで、消費エネルギーを削減できるのです。

将来的には、私が開発した材料がハードディスクのような製品となって市場に流通し、社会の役に立つことができたらうれしく思います。



## 育児と研究を両立できるのは 周囲の協力があってこそ

高校生の頃、技術立国・日本を先導する存在として半導体が注目を集めていて、「日本の技術の役に立ちたい!」という思いから、材料系に強い東北大学を志望しました。

研究者志望の原点を掘り下げると、二人の女性の存在が欠かせません。一人は身近にいた叔母です。彼女は大学の教授で、生き生きと研究に励む姿にあこがれを覚えました。また、少女時代に伝記で読んだキュリー夫人も強く印象に残っています。昨年、ポーランドを訪れ、キュリー夫人の話現地の方に聞く機会がありました。100年以上も前に、子育てに励みつつ、研究者として活躍したエピソードを聞き、尊敬の思いを新たにしました。

振り返ると、2児の子育てと研究を両立する私の日常も、日々慌ただしく過ぎていきます。研究を続けられているのは、共同研究者や博士研究員、学生、そして家庭でサポートしてくれる夫の協力があってこそです。

育児と研究の両立は時間的・体力的にとっても大変です。しかし、さきがけでは男女共同参画にも積極的に取り組んでいて、出産や育児というライフイベントと研究の両立をサポートする制度が充実していました。未来の研究者を目指す女性には、臆することなく育児と研究の両立を目指してほしいと願っています。

TEXT: 佐々木正孝 / PHOTO: 坂口トモユキ